

## **PENGURANGAN KADAR $H_2S$ DARI BIOGAS PADA PEMANFAATAN SLUDGE DARI HASIL PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT DENGAN METODE ADSORPSI MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF**

**Mustafa, Alwathan, Ramli Thahir**

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Cipto mangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda Seberang, Samarinda - 75131

E-mail: [mu574f4@yahoo.com](mailto:mu574f4@yahoo.com)

### **Abstrak**

*Air limbah rumah sakit, khususnya yang infeksius banyak yang belum dikelola dengan baik. Sebagian besar pengelolaan limbah infeksius disamakan dengan limbah medis non infeksius. Selain itu, kerap bercampur antara limbah medis dan non medis. Limbah medis memerlukan pengelolaan khusus yang berbeda dengan limbah non medis. Kebanyakan limbah infeksius di buang ke septic tank yang dapat menyebabkan pencemaran khususnya pada air tanah yang banyak digunakan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari, maka rumah sakit perlu memiliki pengolahan limbah yang baik. Untuk itu, dari hasil pengolahan limbah rumah sakit tersebut maka di ambil sludgenya untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas. Biogas adalah salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan, mengingat bahan bakunya cukup tersedia dan terbaharukan untuk dapat dijadikan bahan bakar alternative. Biogas sebelum digunakan dimurnikan terlebih dahulu dari kandungan asam sulfida ( $H_2S$ ) meskipun jumlahnya kecil namun menimbulkan kerugian karena menimbulkan korosi pada logam atau apabila dibakar akan membentuk  $SO_2$  atau  $SO_3$  yang dikenal dengan  $SO_x$  yang menyebabkan terjadinya hujan asam. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari waktu jenuh adsorben dalam menyerap  $H_2S$ , mengetahui kemampuan adsorben karbon aktif dalam menyerap dan mencari konstanta persamaan adsorpsi isotherm Freundlich pada variasi ukuran karbon aktif untuk digunakan dalam menghitung waktu tinggal adsorpsi. Bahan yang digunakan adalah sludge dari hasil pengolahan air limbah rumah sakit. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengukur kandungan  $H_2S$  dalam biogas sebelum melalui ke tiga adsorber ukuran tinggi kolom 70 cm, diameter  $\frac{1}{2}$  inch, tinggi isian 64 cm bahan isian karbon aktif dengan ukuran 4, 7, 10, 12, 14 mesh kecepatan biogas 0,5 lit./menit diperoleh hasil karbon aktif paling cepat mengalami kejenuhan ukuran 4 mesh yaitu 60 menit,  $H_2S$  yang terjerap 202,42 mg dari efisiensi kejenuhan 9,76% sedangkan waktu jenuh paling lama 90 menit ukuran karbon aktif 14 mesh  $H_2S$  yang terjerap 368,65 mg efisiensi kejenuhan 9,79%. Karbon aktif yang optimal digunakan yaitu 12 mesh waktu jenuh 80 menit, efisiensi kejenuhan 9,82% dengan waktu tinggal 127,927 detik sedangkan waktu tinggal paling singkat terjadi pada ukuran adsorben 4 mesh, yaitu waktu tinggal 73,855 detik.*

**Kata Kunci : air limbah, biogas, adsorpsi, asam sulfida, karbon aktif**

### **1. PENDAHULUAN**

Rumah sakit yang ada di Samarinda hampir sebagian besar belum mempunyai sistem pengolahan limbah, pada hal pengolahan air limbah rumah sakit adalah suatu hal yang sangat penting karena terkait langsung dengan tingkat kesehatan masyarakat terutama yang bermukim di sekitar rumah sakit. Berdasarkan data, air limbah yang dihasilkan dari rumah sakit berasal dari dapur, cuci (*laundry*), ruang radiologi, laboratorium, ruang perawatan dan ruang gawat darurat sangat banyak sehingga perlu dilakukan pengolahan.

Air limbah rumah sakit, khususnya yang infeksius banyak yang belum dikelola dengan baik. Sebagian besar pengelolaan limbah infeksius disamakan dengan limbah medis non infeksius. Selain itu, kerap bercampur antara limbah medis dan non medis. Limbah medis memerlukan pengelolaan khusus yang berbeda dengan limbah non medis. Yang termasuk limbah medis adalah limbah infeksius, limbah radiologi, limbah sitoksius dan limbah laboratorium. Kebanyakan limbah infeksius di buang ke *septic tank* yang dapat menyebabkan pencemaran khususnya pada air tanah yang banyak digunakan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari.

Selain itu rumah sakit yang ada di Kalimantan Timur sekitar 75% limbahnya hanya dibuang ke septic tank yang tentunya sangat berbahaya karena dapat merembes ke dalam tanah, sehingga berdasarkan SK Gubernur Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Baku Mutu Air limbah maka perlu dilakukan pengolahan air limbah khususnya air limbah bagi rumah sakit dan berdasarkan pula Peraturan Pemerintah No.19 /1994 Pasal 4 bahwa setiap orang atau badan usaha dilarang membuang limbah secara langsung ke dalam tanah, air atau udara.

Mengingat hal tersebut, maka rumah sakit perlu memiliki pengolahan limbah yang baik dan menyeluruh. Agar rumah sakit terasa nyaman, segar dan terjaga kesehatan lingkungan maupun kesehatan pasien, pekerja, pengunjung, serta masyarakat sekitarnya. Dari hasil pengolahan limbah rumah sakit tersebut maka di ambil sludgenya untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas.

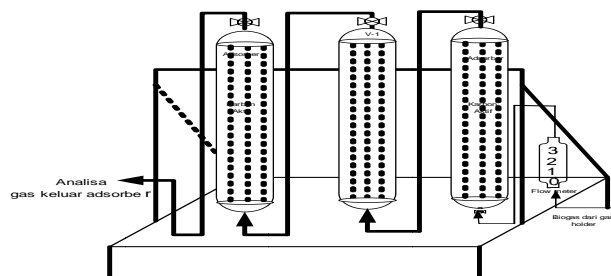
Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik sangat populer digunakan untuk mengolah limbah *biodegradable* karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Meskipun dalam jumlah kecil tetapi mempunyai kerugian, antara lain bersifat korosif terhadap logam, pada konsentrasi tertentu bersifat racun, apabila dibakar akan membentuk  $\text{SO}_2$  atau  $\text{SO}_3$ . Dalam penelitian ini hidrogen sulfida yang terkandung dalam biogas dapat diminimalkan atau dikurangi dengan cara adsorpsi menggunakan karbon aktif. Tujuan dari penelitian ini adalah : Membuat alat pemurnian gas dari hasil pengolahan limbah cair rumah sakit dan Memurnikan gas yang diperoleh dari hasil pengolahan limbah cair rumah sakit dan menganalisa gas-gasnya seperti mengurangi kadar  $\text{H}_2\text{S}$  dalam biogas, serta komposisi biogas lainnya. Sedangkan manfaat penelitian ini adalah : penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terutama dalam pengolahan limbah cair rumah sakit yang ada di Kalimantan Timur khususnya di Samarinda sekaligus sebagai pilot project mini plant pengolahan limbah cair rumah sakit di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia, dapat menghasilkan gas bio yang murni untuk dapat digunakan oleh masyarakat dan industri, dan dapat menggalakkan program pemerintah untuk mengganti bahan bakar dari fosil dengan bahan bakar dari bioenergi

Adapun penelitian-penelitian terdahulu antara lain : Agus Stepanus & Nurdjianto, 2006 dalam penelitiannya yaitu Rancang Bangun dan Rekayasa Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus Rumah Sakit Kristen Tayu, Pati) menghasilkan limbah cair infeksius dan non infeksius yang memberikan nilai *COD cukup tinggi sebesar 121,60 mg/l*. Nusa Idaman Said, dkk, 2007 dalam penelitiannya yaitu Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob menghasilkan *efisiensi penghilangan BOD 96 %, COD 92,8 %, Total zat padat tersuspensi (SS) 98,8 %, Ammonia 76,2 % dan deterjen (MBAS) 78 % dan Estri Irawati, 2007 dalam penelitiannya berjudul Upaya Peningkatan Sistem Pengelolaan Limbah Cair Terhadap Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum Pusat Dokter Kariadi Semarang dihasilkan program upaya peningkatan sistem pengelolaan limbah cair berhasil dengan baik dengan hasil pemeriksaan air limbah untuk parameter suhu, pH, TSS, BOD5, COD,  $\text{NH}_3\text{N}$ , Fosfat dan E-Coli dibawah baku mutu limbah cair No 10 tahun 2004.*

## 2. METODOLOGI

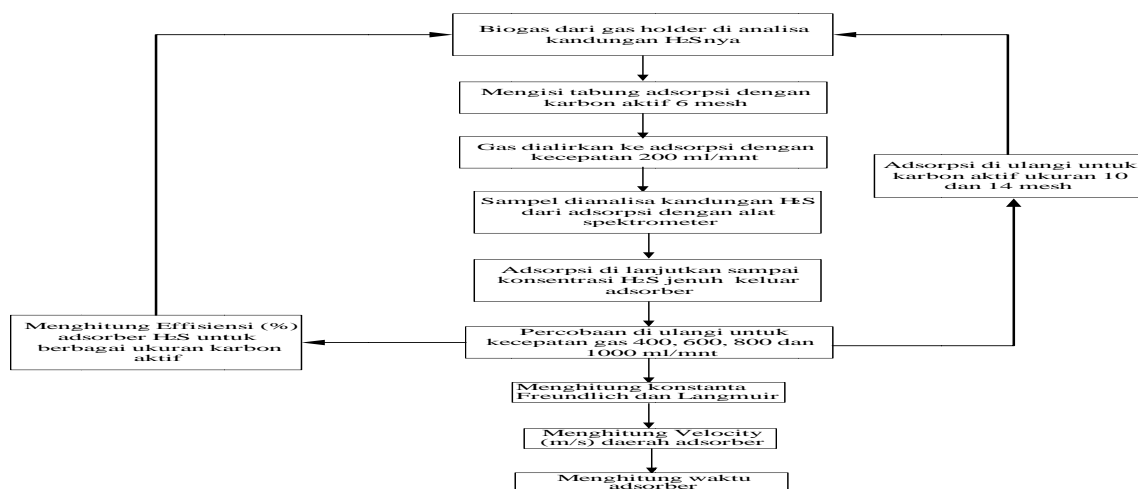
Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, sedangkan biogas dari hasil anaerobic digestion dengan proses batch yang ditampung dalam gas holder. Penelitian dilakukan secara eksperimen yaitu menganalisa kadar  $\text{H}_2\text{S}$  sebelum dan sesudah melewati adsorben, digunakan larutan penjerap  $\text{H}_2\text{S}$  yang nantinya larutan dianalisa dengan **“metode biru metilen berdasarkan SNI 19-7117.7-2005 menggunakan spektrofotometer (UV-Vis DR/2400)”**. Dari hasil analisa ini dapat diketahui kemampuan dari adsorben karbon aktif dalam menyerap  $\text{H}_2\text{S}$ . Kemudian menentukan waktu jenuh dari adsorben, yaitu saat dimana kadar  $\text{H}_2\text{S}$  setelah diadsorpsi sama dengan atau mendekati kadar  $\text{H}_2\text{S}$  sebelum di adsorpsi. Selanjutnya dari data-data kadar  $\text{H}_2\text{S}$  setelah melewati adsorber (*output*) yang diperoleh, dimasukkan dalam persamaan adsorpsi isotherm Freundlich untuk memperoleh nilai konstanta, yang digunakan untuk menghitung waktu tinggal adsorpsi. Penelitian ini sebagai variabel dependent tinggi kolom 70 cm, tinggi isian 64 cm, jumlah kolom 3 unit dengan diameter 1,85 cm, bahan isian karbon aktif dengan laju alir biogas  $0,5 \text{ L}_{\text{min}}$  dan variabel independen Waktu laju alir volumetrik Biogas mulai dari menit ke 10 dan kelipatannya hingga adsorben mencapai kondisi jenuh (x menit), Ukuran Karbon aktif 4, 7, 10, 12 dan 14 mesh.

### Rancangan Percobaan :



Gambar 1. Proses Pemurnian Biogas dengan Proses Adsorpsi

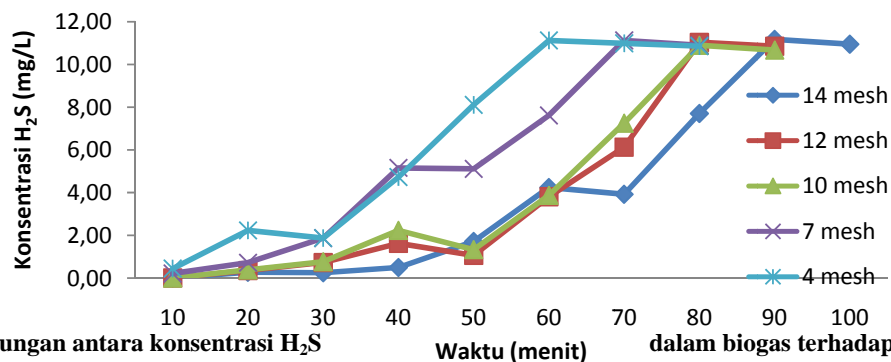
### Skema Proses Adsorpsi H<sub>2</sub>S dengan karbon aktif



## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Waktu Jenuh Adsorben Karbon Aktif

Kemampuan adsorben dalam menyerap H<sub>2</sub>S yang terkandung dalam biogas semakin lama akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan adsorben akan mencapai kondisi jenuhnya. Adsorben dikatakan sudah jenuh jika gas H<sub>2</sub>S yang melewati kolom adsorber tidak bisa teradsorpsi lagi. Hal ini dikarenakan pori-pori pada permukaan adsorben sudah mulai tertutupi oleh H<sub>2</sub>S yang terjerap, sehingga penyerapan terhadap H<sub>2</sub>S selanjutnya akan menjadi semakin sedikit jumlahnya hingga akhirnya adsorben tidak mampu lagi dalam menyerap H<sub>2</sub>S (mencapai jenuh).



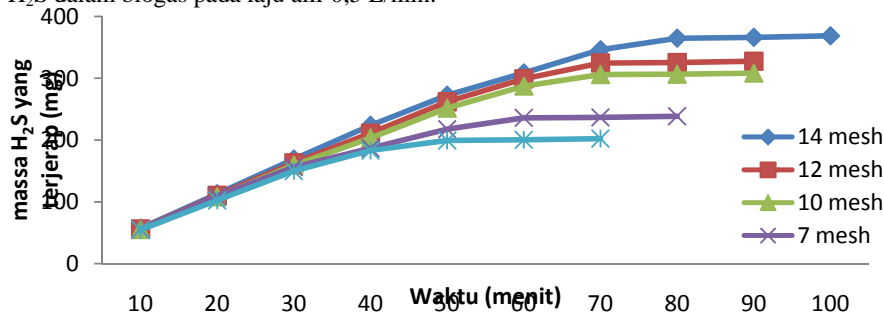
Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi H<sub>2</sub>S waktu penyerapan biogas sampai jenuh dengan variasi ukuran karbon aktif

Berdasarkan gambar 3. di atas, waktu jenuh paling lama terjadi pada adsorben dengan ukuran partikel 14 mesh, yaitu saat proses adsorpsi telah berjalan selama 90 menit. Sedangkan waktu jenuh paling singkat terjadi pada adsorben dengan ukuran partikel 4 mesh saat dimana proses adsorpsi telah berjalan selama 60 menit.

Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini, adsorben 14 mesh memiliki porositas lebih besar dari ukuran adsorben yang lain, sehingga ruang kosong dalam pori-pori adsorben menjadi lebih banyak untuk menyerap  $H_2S$  dan menyebabkan waktu jenuh adsorben yang diperoleh juga menjadi lebih lama dibandingkan dengan ukuran adsorben yang lain. Akan tetapi dalam penelitian ini, sejenah-jenuhnya adsorben karbon aktif ternyata masih dapat menyerap  $H_2S$ . Hal ini dikarenakan adanya peristiwa desorpsi, yaitu proses terlepasnya zat/bahan yang telah dijerap oleh adsorben sehingga adsorben yang pori-porinya tadi sudah penuh oleh zat yang dijerap menjadi terbuka kembali, dan menyebabkan  $H_2S$  selanjutnya yang akan melewati adsorben ini akan dijerap kembali, walaupun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan  $H_2S$  yang lolos dari adsorben.

#### Kemampuan Adsorben dalam Menjerap $H_2S$

Tujuan untuk mengetahui kemampuan dari adsorben dalam menyerap  $H_2S$  dapat dilakukan dengan membandingkan massa  $H_2S$  yang berhasil dijerap oleh karbon aktif yang divariasikan ukuran partikelnya terhadap waktu adsorpsi, sehingga nantinya akan diperoleh ukuran adsorben yang paling baik digunakan untuk menyerap  $H_2S$  dalam biogas pada laju alir 0,5 L/min.



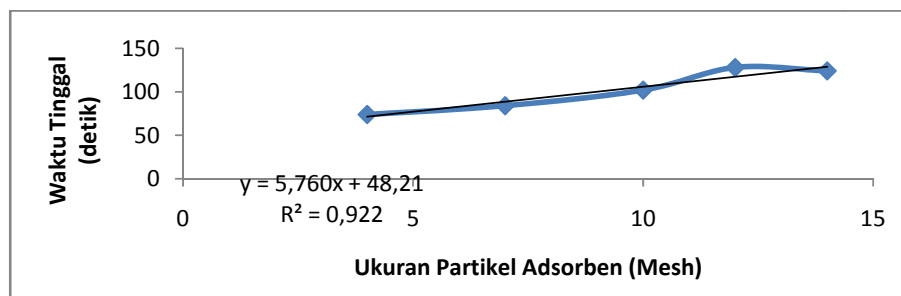
Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi  $H_2S$  yang terjerap terhadap waktu untuk variasi ukuran karbon aktif

Gambar 4. menunjukkan kemampuan dari variasi ukuran adsorben karbon aktif dalam menyerap  $H_2S$  terhadap waktu adsorpsi. Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa kemampuan adsorben karbon aktif bisa dikatakan hampir sama dalam menyerap  $H_2S$  pada 20 menit pertama, akan tetapi semakin lama proses adsorpsi berlangsung, maka terlihat perbedaan dari kemampuan tiap-tiap ukuran karbon aktif dalam menyerap  $H_2S$ . Pada gambar 4.2 terlihat jelas sekali bahwa penyerapan  $H_2S$  paling besar terjadi pada ukuran karbon aktif 14 mesh dengan waktu proses adsorpsi 90 menit, dimana  $H_2S$  yang dapat dijerap sebanyak 368,65 mg. sedangkan penyerapan  $H_2S$  paling sedikit terjadi pada ukuran karbon aktif 4 mesh dengan waktu proses adsorpsi selama 60 menit, dimana  $H_2S$  yang dapat dijerap hanya sebanyak 202,42 mg. Jadi dalam penelitian ini adsorben yang paling baik digunakan untuk menyerap  $H_2S$  dalam biogas adalah pada ukuran karbon aktif 14 mesh, dikarenakan pada adsorben ini memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga sangat efektif dalam menyerap  $H_2S$  karena ketersediaan tempat adsorpsi yang lebih banyak dibandingkan dengan ukuran adsorben lainnya.

#### Penentuan Konstanta Persamaan Adsorpsi Isotherm Freundlich untuk Menghitung Waktu Tinggal Adsorpsi

Tujuan penentuan konstanta persamaan adsorpsi isotherm Freundlich dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan memasukkan data-data yang diperoleh pada variasi ukuran adsorben ke dalam persamaan isotherm Freundlich, kemudian dari data persamaan tersebut dibuat grafik hubungan antara  $\log C_e$  dengan  $\log x/m$ , sehingga dari grafik akan diperoleh persamaan linear (garis lurus) yaitu  $y = ax + b$ , dimana  $a$  merupakan nilai konstanta untuk  $1/n$ , sedangkan  $b$  merupakan nilai konstanta untuk  $K_f$  dalam persamaan adsorpsi isotherm Freundlich ( — ).

Dari hasil perolehan konstanta pada masing-masing ukuran karbon aktif, kemudian digunakan untuk mencari waktu tinggal adsorpsi. Adapun tujuan menentukan waktu tinggal adsorpsi adalah untuk mengetahui berapa lama waktu kontak antara biogas dengan adsorben karbon aktif dalam kolom adsorber.



**Gambar 5. Hubungan antara waktu tinggal terhadap variasi ukuran partikel karbon aktif**

Dari gambar 5. diperoleh hasil dimana Intensitas Freundlich ( $n$ ) = 0,1736 dan Faktor kapasitas Freundlich ( $K_f$ ) = 1,683. Dan Untuk Waktu tinggal paling lama terjadi pada ukuran partikel adsorben 12 mesh yaitu selama 127,927 detik, sedangkan waktu tinggal paling singkat terjadi pada ukuran adsorben 4 mesh, yaitu selama 73,855 detik. Hal ini dikarenakan semakin besar ukuran partikel adsorben, maka ruang kosong/celah antara partikel yang satu dengan yang lainnya akan semakin besar pula, sehingga biogas yang dilewatkan dalam kolom adsorber lebih mudah melewati adsorben tersebut, hal ini menyebabkan waktu tinggal biogas dalam kolom adsorber menjadi lebih singkat, dan menyebabkan penjerapan  $H_2S$  dalam biogas oleh karbon aktif menjadi kurang efektif dan maksimal. Dari gambar 5 juga dapat dilihat bahwa pada adsorben 14 mesh waktu tinggalnya lebih rendah dibandingkan dengan adsorben 12 mesh. Hal ini dikarenakan pada adsorben 14 mesh, walaupun celah antara partikel yang satu dengan yang lainnya akan semakin kecil, sehingga menyebabkan kontak antara biogas dengan adsorben menjadi lebih lama dan penjerapan menjadi lebih efektif, akan tetapi dengan berlangsungnya proses adsorpsi yang dilakukan secara kontinyu dengan celah yang cukup kecil untuk dilewati biogas, akan menyebabkan sebagian biogas tertahan pada kolom adsorber. Hal ini mengakibatkan terjadinya proses fluidisasi, dimana pada adsorben akan membentuk satu celah garis lurus dikarenakan adanya tekanan dari biogas yang tertahan tadi, sehingga biogas akan keluar melalui celah tersebut dan akibatnya kontak antara adsorben dengan biogas menjadi lebih singkat dan tidak efektif lagi. Hal inilah yang menyebabkan waktu tinggal adsorben 14 mesh lebih cepat dibandingkan dengan adsorben 12 mesh

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penghilangan/pengurangan kadar  $H_2S$  dalam biogas dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif, dengan laju alir  $0.5 \text{ L/min}$ , tinggi isian 54 cm, diameter kolom 1,85 cm jumlah kolom 3 buah diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain: Waktu jenuh paling lama terjadi pada adsorben dengan ukuran partikel 14 mesh yaitu setelah proses adsorpsi berjalan selama 90 menit, Kemampuan adsorben karbon aktif yang paling baik dalam menjerap  $H_2S$  adalah pada ukuran adsorben 14 mesh dengan kemampuan menjerap  $H_2S$  sebanyak 368,65 mg setelah proses adsorpsi berlangsung selama 90 menit dan Dengan memasukkan data konstanta persamaan adsorpsi isotherm Freundlich ke dalam rumus waktu tinggal adsorpsi, diperoleh waktu tinggal paling lama terjadi pada ukuran adsorben 12 mesh yaitu selama 127,927 detik.

#### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada **DP2M Direktur Jenderal Perguruan Tinggi** atas **Hibah** dalam bentuk Skim Penelitian Hibah Bersaing (APHB) tahun anggaran 2011/2012 yang diberikan kepada kami. Dan tak lupa pula kami ucapkan terima kasih kepada DP2M Politeknik Negeri Samarinda atas bantuannya sehingga dapat terlaksananya kegiatan Penelitian Hibah Bersaing (APHB) ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ammary, Baashar Y., 2004, "*Nutrients Requirements in Biological Industrial Wastewater Treatment*", African Journal of Biotechnology, Vol. 3.
- Bitton, Gabriel, 1999. "*Waste Water Microbiology*", 2<sup>th</sup>. A John Willey & Sons, Singapore.
- Engineers Without Borders Sustainable Development Research Competition, 2004, "*The Biogas Digester – A Sustainable Energy Production Technology for Rural Development of Sub-Saharan Countries*".
- Grady, CP Leslie and Lim, Henry C., 1980, "*Biological Wastewater Treatment: Theory & Applications*", Marcel Dekker, Inc., New York & Bassel.
- Hagmann, M., Heimbrand, E., Hentschel, P., 1999, "*Determination of Siloxanes in Biogas from Landfills and Sewage Treatment Plants*", Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, Italy.



- Harasimowicz, M., P. Orluk., G. Zakrzewska-Trznadel and A.G. Chmielewski., 2007, "*Application of Polyimide Membranes for Biogas Purification and Enrichment*", Journal of Hazardous Materials, vol. 144, pp. 698 – 702.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1964, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", vol. 4, Second Edition, New York.
- Lastella, G., C. Testa., G. Cornacchia., M. Notornicole., F. Voltasio and V.K. Sharma., 2002, "*Anaerobic Digestion of Semi-Solid Organic Waste : biogas production and its purification Energy Conversion ang management*", Vol 43, Issue I, pp. 63 – 75
- Lovisa, 2000, "*Intensification Of The Biogas Process by Imroved Process Monitoring and Biomass Retention*", Departement Of Biotechnology Lund University Sweden.
- Masjhudi, "*Produksi Biogas dari Tiga Jenis Kotoran Ternak pada berbagai suhu*", Jurnal
- Metcalf & Eddy Inc, "*Wastewater Engeneering Treatment Diposal Reuse*", McGraw Hill.
- Mikucki, J.A., Liu,Y., Delwiche, M., Colwell, F.S., Boone, D.R., 2003, "*Isolation of a Methanogen from Deep Sediments That Contain Methane Hydrates, and Description of Methanoculleus submarinus sp. nov.*", Applied and Environmental Microbiology.
- Pararaja, A., 2008, "*karbon aktif*", diakses pada 25 Juni 2011, jam 16.00 WITA.
- Perry, 1999, Chemical Hand book.
- Price,E.C and Cheremisinoff, P.N., 1981, "*Biogas Production and Utilization*.Ann Arbor Science Publishers", Inc .United States of America.
- Saidu E. Gumbira, 1983, **Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi**, PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Setyo Sarwanto "**Parameter Air limbah Rumah Sakit**," UI, 2000
- Smisek, M. & Cerny S., 1970, "*Active Carbon Manufactute Properties and application*", Amsterdam : El savier Publishing Company.
- Wellinger, A., and A. Lindeberg., 2000, "*Biogas Upgrading and Utilization-IEA Bioenergy*", Task 24, International Energy Association, France, pp.20.